

ANALISA KINERJA PLTS ON GRID 50 KWP AKIBAT EFEK BAYANGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE PVSYST

Adrian Mansur^{*)}

PLN UPDL Makassar, Makassar, Indonesia

^{*)}E-mail: adrianmansur@gmail.co.id

Abstrak

PLTS On Grid 50 kWp UPDL Makassar merupakan PLTS yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan energi listrik sekaligus sebagai modul pembelajaran PLTS. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kinerja PLTS dengan membandingkan antara energi riil dengan hasil simulasi menggunakan *software* PVSyst. Dari hasil simulasi diperoleh perbedaan energi riil sebesar 15.53 % dibandingkan hasil simulasi PVSyst Meteororm 7.3 dengan data *shading* pada *tools* Solmetric, sementara selisih dengan hasil simulasi PVSyst NASA-SSE sebesar 7.51% dibandingkan energi riil. Pada kedua simulasi data, diperoleh langgam output yang identik dengan kondisi riil dimana nilai output terendah pada Inverter 2 yang disebabkan oleh efek bayangan. Selain itu pada penelitian ini diperoleh penurunan output disebabkan oleh perbedaan antara orientasi dan *tilt* PLTS dibandingkan dengan hasil optimasi *azimuth* dan *tilt* pada simulasi PVSyst.

Kata kunci: Kinerja, PLTS, Bayangan, PVSyst

Abstract

PLTS On Grid 50 kWp UPDL Makassar is a PLTS built to meet the needs of electrical energy as well as a means of learning PLTS. This study aims to analyze the performance of PLTS by comparing the real energy with the simulation results using the PVSyst software. From the simulation results, the real energy difference is 15.53% compared to the PVSyst Meteororm 7.3 simulation results with shading data on Solmetric tools, while the difference with the results of the NASA-SSE PVSyst simulation is 7.51% compared to real energy. In both data simulations, an output style that is identical to the real condition is obtained where the lowest output value on Inverter 2 is caused by the shading factor. In addition, in this study, it was found that the decrease in output was caused by the difference between the orientation and tilt of the PLTS compared to the results of azimuth and tilt optimization in the PVSyst simulation.

Keywords: Performance, PLTS, Shading, PVSyst

1. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu energi terbarukan yang cukup banyak dikembangkan baik secara komunal maupun terhubung ke sistem jaringan. Selain potensi di Indonesia yang cukup besar, PLTS merupakan pembangkit yang cukup mudah dalam proses pembangunan, namun faktanya banyak sistem PLTS yang tidak dapat bertahan lama yang disebabkan oleh kerusakan komponen dan juga rendahnya *Performance Ratio* (PR).

Daya keluaran yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik dan masa pakainya tergantung pada banyak aspek. Beberapa faktor ini meliputi: jenis bahan PV, intensitas radiasi matahari yang diterima, suhu sel, resistansi parasit, awan dan efek bayangan lainnya, efisiensi inverter, debu, orientasi modul, kondisi cuaca, lokasi geografis dan ketebalan kabel dan lainnya.[1],[2].

Rendahnya PR PLTS selain disebabkan oleh kualitas produk, juga banyak disebabkan oleh kesalahan dalam pengoperasian dan pemeliharaan sehingga menyebabkan produksi energi menurun serta kerusakan sistem PLTS. Kesalahan umum yang terjadi adalah kondisi permukaan modul yang kotor dan terdapat sejumlah bayangan yang bersifat permanen seperti bangunan dan pohon yang menyebabkan penurunan efisiensi modul dan PR PLTS[3].

Kualitas dari suatu PLTS dapat juga diuraikan oleh PR. PR biasanya dinyatakan dalam persentase, yang menunjukkan rugi total pada sistem saat mengkonversi dari DC menjadi keluaran AC [4][5].

$$PR = \frac{\text{Output Yield}}{\text{Output Reference}} \quad (1)$$

Bayangan merupakan salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi kinerja panel *Photovoltaic* (PV). Umumnya PLTS dibangun sangat berdekatan dengan bangunan terutama pada daerah perkotaan dan menyebabkan bayangan pada modul PLTS terutama yang dipasang di atap. Terkadang karena desain PLTS yang salah, bayangan sendiri juga dimungkinkan terjadi. Faktor lain yang dapat menyebabkan kerugian adalah pohon terutama pada PLTS atap. Jadi, pepohonan di sekitarnya harus dianalisis dengan baik ketika sistem PLTS dirancang[6].

Pengaruh bayangan terhadap *output* PLTS dipengaruhi oleh luasan bayangan dan konfigurasi optimal dari berbagai teknologi modul PV[7]. Kerugian lain disebabkan oleh pencemaran permukaan modul PV yang disebabkan oleh debu menunjukkan bahwa, terutama di daerah dengan curah hujan rendah, kerugian ini mencapai 15% dalam kasus luar biasa. Untuk meningkatkan efisiensi sistem, modul perlu dibersihkan secara teratur.

Menurut Nathawibawa dkk dalam penelitian untuk melihat unjuk kerja inverter serta pengaruh posisi string array terhadap produksi energi PLTS, diperoleh dengan memetakan persentase produksi energi dari setiap inverter. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa seluruh inverter di PLTS Kayubih sesuai keluaran energi optimum string array masing-masing, Hanya saja PLTS Kayubih bagian selatan perlu mendapat perhatian lebih karena *string array* tertutup oleh bayangan semak belukar dan pepohonan[8].

Berdasarkan penelitian Zulkifli dkk yang bertujuan untuk mengetahui tingkat produksi pembangkit listrik tenaga surya dengan membandingkan hasil nyata dengan hasil simulasi menggunakan *software* SAM. Produksi tertinggi pada buclan September, Oktober, dan Maret setiap tahun akibat radiasi matahari maksimum. Pembangkit listrik tenaga surya di *rooftop* lantai 11 lebih maksimal dalam menghasilkan energi untuk semua posisi matahari dibandingkan dengan pembangkit listrik tenaga surya pada *carport* T1, T2, T3, dan L karena bebas dari naungan bangunan dan pepohonan[9].

Sedangkan menurut Gunawan dkk dalam penelitian unjuk kerja dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya Universitas Udayana dengan membandingkan produksi energi riil dari PLTS dengan Hasil simulasi *software* HelioScope, diperoleh produksi riil lebih rendah sebesar 9.53% dibandingkan hasil simulasi yang disebabkan oleh faktor benda-benda yang berada disekitar PLTS yang menyebabkan *shading*, tingkat kebersihan modul, perbedaan orientasi PLTS dengan orientasi optimal[10].

Hasil penelitian Ekici menunjukkan bahwa akumulasi kotoran pada permukaan PV menurunkan keluaran system energi secara signifikan. Selain itu, penelitian ini

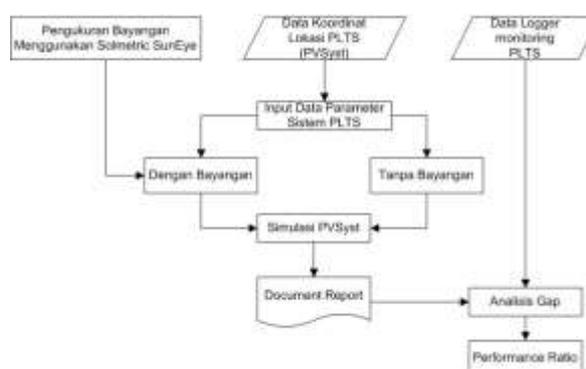
memberikan beberapa petunjuk pengguna PV tentang periode waktu pembersihan PV modul [11],[12].Sujana dkk dalam penelitiannya menemukan bahwa terjadi penurunan output sebesar 5.48% pada modul yang tidak dibersihkan dibandingkan dengan modul yang dibersihkan.[13]

Menurut Fauzi Wibowo dkk, Faktor utama yang mempengaruhi *output* produksi panel surya adalah iradiasi atau intensitas cahaya matahari. Perbedaan *output* produksi energi antara *ground mounted*, *parking shade*, dan *rooftop* terjadi karena adanya faktor lingkungan dalam instalasi panel surya yaitu karena adanya perbedaan temperatur panel surya, debu atau kotoran, dan *shading*[14].

Selain faktor yang disebutkan diatas, menurut penelitian Amelia dkk, Hasil simulasi menunjukkan bahwa daya keluaran panel PV menurun dengan bertambahnya suhu kerjanya diikuti oleh efisiensi. Hasil eksperimen jelas menunjukkan bahwa parameter kondisi uji standar (STC) tidak mewakili kondisi operasi sebenarnya dari panel PV untuk kondisi luar ruangan. Lebih sedikit daya keluaran yang dihasilkan disebabkan oleh faktor atmosfer seperti radiasi matahari dan suhu lingkungan. Kedua faktor ini sangat mempengaruhi suhu panel PV distribusi. Singkatnya, peningkatan suhu panel PV berkontribusi pada dampak negatif terhadap kinerja keluaran panel.[15]

Adapun penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kinerja PLTS menggunakan aplikasi PVSyst. Indikator yang digunakan adalah energi keluaran inverter, pengukuran bayangan *Solmetric* dan hasil pengukuran *Sunny Sensor Box*. Penelitian ini dilakukan pada PLTS *On Grid* 50 kWp UPDcL Makassar. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan dan mempertahankan kinerja PLTS UPDL Makassar.

2. Metode



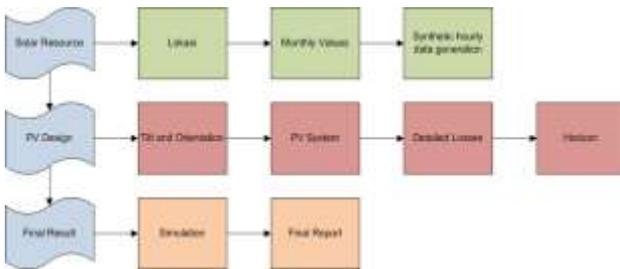
Gambar 1. Flowchart Analisa kinerja PLTS

Berikut ini merupakan uraian metode yang digunakan untuk menganalisis kinerja PLTS menggunakan aplikasi PVSyst. Pengambilan data dilakukan pada data *logger*

monitoring PLTS dan pengukuran langsung efek bayangan menggunakan *tools Solmetric SunEye*. Selanjutnya dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak PVSyst dengan memasukkan parameter sesuai dengan koordinat lokasi PLTS. Kemudian dilakukan analisis kinerja berdasarkan *output* PVSyst yang dibandingkan terhadap parameter data lapangan. Data terkait radiasi, suhu dan kecepatan angin pada penelitian ini menggunakan data *default* dari koordinat lokasi pada PVSyst.

2.1. Software PVSyst

PVSyst merupakan salah satu platform software yang digunakan untuk melakukan desain dan evaluasi terkait sistem PLTS, *software pvsyst* telah digunakan dan diterima secara internasional untuk melakukan studi terhadap perencanaan dan kinerja dari sistem *Photovoltaic*. Metode simulasi berdasarkan realisasi perjam sepanjang tahun untuk menghitung kombinasi yang tepat untuk jumlah energi maksimum antara radiasi global, kecepatan angin, dan suhu yang bersumber dari *database* berbagai parameter dan data radiasi dalam kurung waktu tertentu. berikut *flowchart* kerja dari PVSyst.



Gambar 2. Flowchart Simulasi PVSyst

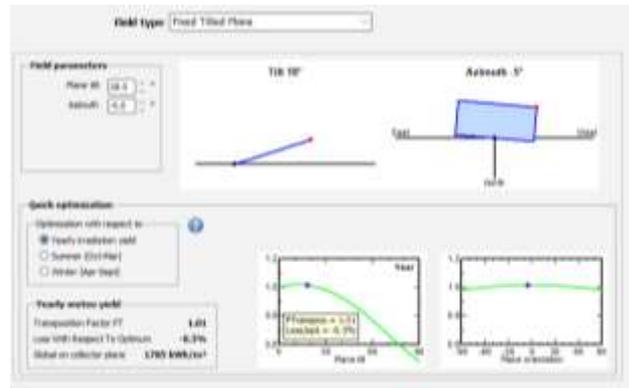
2.2. Gambaran Sistem PLTS

PLTS *On Grid* PLN UPDL Makassar terletak pada Latitude S 5°13'23.67 dan Longitude E 119°29'40.40 dan merupakan PLTS tipe *ground mounted* seperti pada gambar 3. PLTS ini dibangun dan beroperasi sejak juli 2017.



Gambar 3. PLTS UPDL Makassar 50 kWp

Sistem PLTS ini berkapasitas 50 kWp yang terhubung ke sisi jaringan tegangan rendah. PLTS ini terdiri atas 5 *array* dengan kemiringan (*tilt*) sebesar 18° dengan orientasi modul ke arah utara dan *azimuth* sebesar 5° sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Input data *Tilt* dan *Azimuth* PLTS

PLTS dibangun dengan total modul surya sebanyak 160 buah berkapasitas masing-masing sebesar 315 Wp. PLTS ini juga terdiri dari 5 unit *grid tie* inverter berkapasitas 10 kW untuk setiap *array* sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 . Spesifikasi Komponen Utama PLTS

No	Peralatan	Jumlah	Kapasitas
1	Modul surya	160	@315 Wp
2	Inverter	5	@10 kWp
3	Combiner Box	5	2 input @10A

Setiap *array* terdiri atas 32 modul surya yang dibagi atas 2 *string* dengan total modul per *string* sebanyak 16 modul dan tegangan sebesar 585,6 Volt. Adapun spesifikasi modul ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Spesifikasi Modul Surya

Solar Cell Type	Poly-Crystalline
Maximum Power (Pmax)	315 Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	36,6 V
Maximum Power Current (Imp)	8,61 A
Open-Circuit Voltage (Voc)	45,1 V
Short-Circuit Current (Isc)	9,18 A
Modul Efficiency (%)	16,42%

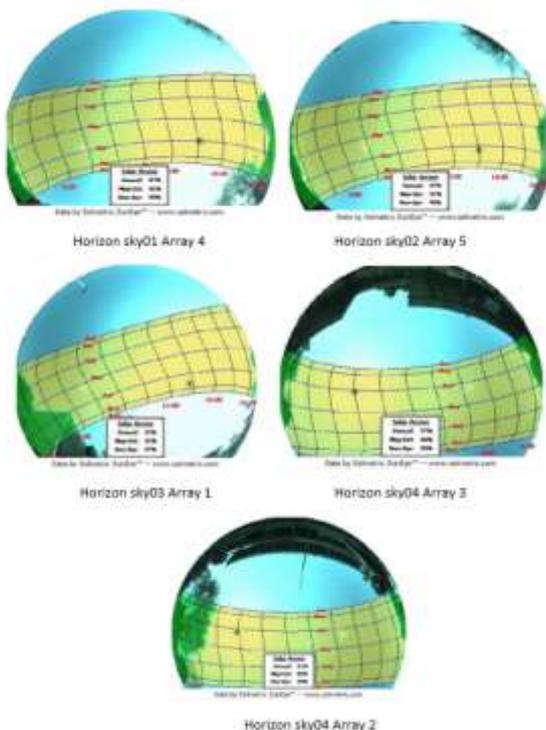
Selanjutnya memilih data modul dan inverter pada *database* software PVSyst yang sesuai dengan spesifikasi sistem sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Input data Modul dan Inverter

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengukuran bayangan menggunakan Solmetric Suneye, diperoleh data bahwa sumber bayangan disebabkan oleh gedung dan pohon seperti yang ditampilkan pada Gambar 6. Data solmetric diatas kemudian digunakan untuk menganalisa dampak bayangan terhadap setiap array menggunakan aplikasi PVSyst. Analisa menggunakan *software* PVsyst terdiri atas simulasi berdasarkan data meteonorm 7.3 dan NASA-SSE.



Gambar 6. Skyline Solmetric pada PLTS 50 kWp UPDL Makassar

Berdasarkan tabel 3 dampak bayangan terbesar terjadi pada *array* 2 dengan persentase *annual solar access* sebesar 91% kemudian pada *array* 1 sebesar 94%. Data solmetric kemudian digunakan untuk menganalisa dampak bayangan terhadap setiap *array* menggunakan aplikasi PVSyst. Selanjutnya analisa menggunakan *software* PVsyst terdiri atas simulasi berdasarkan data meteonorm 7.3 dan NASA-SSE.

Tabel 3. Annual Solar Access PLTS 50 kWp

Array	Annual Solar Access	May-Oct Solar Access	Nov-Apr Solar Access
Array 1	94%	91%	97%
Array 2	91%	89%	94%
Array 3	97%	96%	99%
Array 4	97%	95%	99%
Array 5	97%	97%	99%

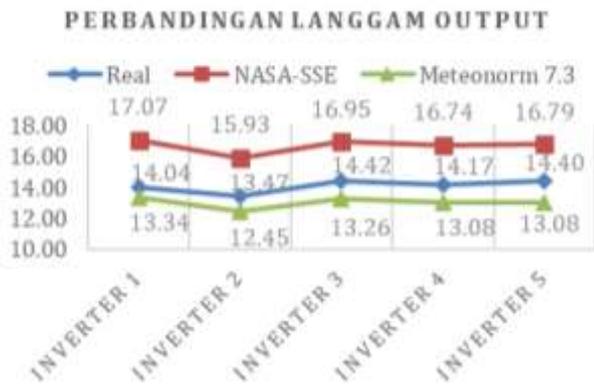
Hasil simulasi PVSyst menggunakan data meteonorm 7.3 menunjukkan hasil output tanpa bayangan sebesar 14.53 MWh/tahun. Sedangkan pengukuran berdasarkan data bayangan solmetric menunjukkan hasil yang bervariasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Perbandingan energi produksi data meteonorm 7.3

Inverter	Energi Produksi (MWh/Tahun)		
	No Shading	Shading Solmetric	Real
1	14.53	13.34	14.04
2	14.53	12.45	13.47
3	14.53	13.26	14.42
4	14.53	13.08	14.17
5	14.53	13.08	14.40
Total	72.65	65.21	70.51
Persentase Selisih			7.51%

Tabel 4 di atas menunjukkan selisih energi produksi sebesar 7.51%. selisih ini merupakan perbandingan kinerja masing-masing *array* dengan total energi produksi berdasarkan simulasi dengan data *shading* solmetric sebesar 65.21 MWh/tahun. Sedangkan total energi produksi secara riil sebesar 70.51 MWh/Tahun dengan potensi optimum sebesar 72.65 MWh/tahun.

Perbandingan hasil simulasi dan keluaran inverter terlihat bahwa dengan menggunakan data meteonorm 7.3, energi produksi lebih besar dibandingkan hasil simulasi. Namun keduanya masih lebih kecil dibandingkan simulasi tanpa bayangan. Namun berdasarkan langgam yang ditunjukkan pada gambar 7 terlihat bahwa pengaruh bayangan baik kondisi riil maupun simulasi PVSyst sama dengan nilai energi produksi terkecil pada inverter 2.



Gambar 7. Grafik Perbandingan output Inverter dan simulasi PVsyst data Meteonorm 7.3

Hasil simulasi PVsyst menggunakan data NASA-SSE menunjukkan nilai energi tanpa bayangan dan bayangan solmetric lebih besar dibandingkan meteonorm 7.3, dengan nilai energi produksi tanpa bayangan untuk setiap array sebesar 18.33 MWh/tahun. Sedangkan bayangan solmetric bervariasi seperti ditunjukkan pada Tabel 5 di bawah ini.

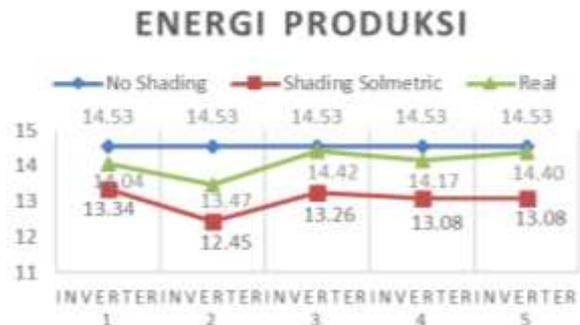
Tabel 5. Energi Produksi data NASA-SSE

Inverter	Energi Produksi (MWh/Tahun)		
	No Shading	Shading Solmetric	Real
1	18.33	17.07	14.04
2	18.33	15.93	13.47
3	18.33	16.95	14.42
4	18.33	16.74	14.17
5	18.33	16.79	14.40
Total	91.65	83.48	70.51
Persentase Selisih			15.53%

Untuk simulasi menggunakan data NASA-SSE terdapat selisih 15.53% yang merupakan hasil simulasi PVsyst sebesar 83.48% terhadap kondisi riil sebesar 70.51%. Berdasarkan Tabel 5 di atas, hasil simulasi data NASA-SSE, energi produksi bayangan solmetric lebih besar dibandingkan keluaran inverter. Hal ini berbanding terbalik dengan data meteonorm 7.3. Namun langgam grafik pengaruh bayangan dan keluaran inverter identik dengan data meteonorm 7.3 yakni nilai terkecil pada inverter 2 sebagaimana ditunjukkan grafik pada Gambar 8 berikut.

Berdasarkan hasil simulasi PVsyst dengan bayangan diperoleh *Performance Ratio* (PR) sebesar 76.68% seperti pada Gambar 9. Sedangkan simulasi tanpa bayangan diperoleh PR sebesar 84.11%. Penurunan energi produksi dari PLTS UPDL Makassar berdampak pada rendahnya PR yang disebabkan oleh pengaruh bayangan dan bangunan yang terdapat pada daerah sekitar lokasi PLTS.

Selain itu terdapat pula pengaruh kebersihan permukaan modul surya.

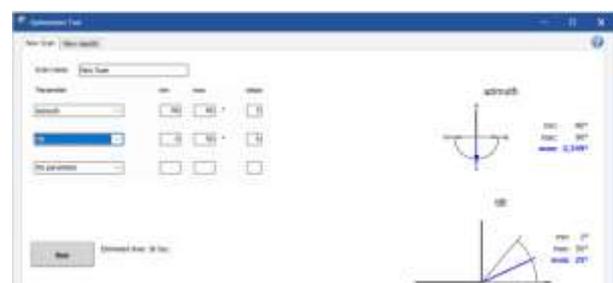


Gambar 8. Grafik Perbandingan output Inverter dan simulasi PVsyst



Gambar 9. Performance Ratio Simulasi PVsyst

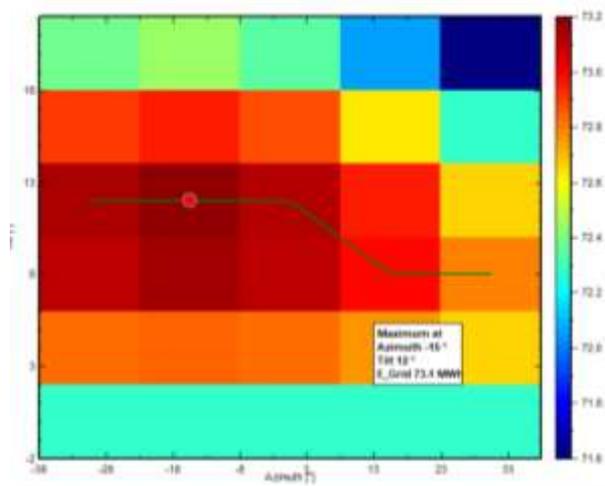
Selain faktor yang disebutkan di atas, terdapat pula faktor lain penyebab rendahnya PR yakni orientasi dan kemiringan modul surya. Pada system PVsyst terdapat tools yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan posisi kemiringan dan orientasi system sehingga diperoleh data paling optimum dengan menggunakan *optimization tool* seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Optimization Tools PVsyst

Untuk kondisi eksisting orientasi *Azimuth* modul surya sebesar -5 dengan Kemiringan (*Tilt*) sebesar 18°, namun berdasarkan simulasi optimasi PVsyst dengan data

meteonorm 7.3 diperoleh nilai optimum energi produksi sebesar 73.1 MWh/tahun dengan Azimuth sebesar -15° pada kemiringan 12° seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Optimization PLTS menggunakan PVSyst

4. Kesimpulan

Analisis kinerja PLTS On-Grid UPDL Makassar menggunakan aplikasi PVSyst telah berhasil dilakukan dengan baik. Berdasarkan analisis kinerja yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan kinerja PLTS yang disebabkan oleh pengaruh bayangan pohon dan bangunan disekitar lokasi PLTS dengan energi produksi secara real sebesar 70.51 MWh/tahun dengan potensi berdasarkan data meteonorm sebesar 72.65 MWh/tahun dan data NASA-SSE sebesar 91.65 MWh/tahun. Sementara berdasarkan simulasi PVSyst dengan data meteonorm 7.3 energi produksi dapat dioptimalkan hingga 73.1 MWh/tahun dengan mengatur orientasi azimuth modul sebesar -15° pada kemiringan 12° . Penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan untuk meningkatkan performance ratio dari sistem PLTS khususnya PLTS On Grid UPDL Makassar.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Tim PLN UPDL Makassar dan Bpk Dr Zulfatman yang telah meluangkan waktu untuk membantu dan membimbing dalam penyelesaian jurnal ini.

Referensi

- [1]. K. Vidyanandan, "An Overview of Factors Affecting the Performance of Solar PV Systems," *Energy Scan*, no. February, pp. 2–8, 2017.
- [2]. M. M. Fouad, L. A. Shihata, and E. S. I. Morgan, "An integrated review of factors influencing the performance of photovoltaic panels," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 80, no. December, pp. 1499–1511, 2017.
- [3]. S. M. A. Solar and T. Ag, "Performance ratio-Quality factor for the PV plant," *Sma*, pp. 1–9, 2016.
- [4]. I. K. A. Setiawan, I. N. S. Kumara, and I. W. Sukerayasa, "Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Satu MWP Terinterkoneksi Jaringan di Kayubih, Bangli," *Maj. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 13, no. 1, 2014.
- [5]. B. Shiva Kumar and K. Sudhakar, "Performance evaluation of 10 MW grid connected solar photovoltaic power plant in India," *Energy Reports*, vol. 1, pp. 184–192, 2015.
- [6]. S. Ekici and M. A. Kopru, "Investigation of PV system cable losses," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 7, no. 2, pp. 807–815, 2017.
- [7]. G. Knežević, D. Topić, M. Žnidarec, B. Štumberger, M. Hadžiselimović, and S. Seme, "Comparison of the Shading Influence on PV Modules of Different Technologies," no. June, pp. 203–214, 2017.
- [8]. A. A. N. B. B. Nathawibawa, I. N. S. Kumara, and W. G. Ariastina, "Analisis Produksi Energi dari Inverter pada Grid-connected PLTS 1 Mwp di Desa Kayubih Kabupaten Bangli," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 1, p. 131, 2016.
- [9]. Z. Zulkifli, W. Wilopo, and M. K. Ridwan, "An Analysis of Energy Production of Rooftop on Grid Solar Power Plant on A Government Building (A Case Study of Setjen KESDM Building Jakarta)," *JPSE (Journal Phys. Sci. Eng.)*, vol. 4, no. 2, pp. 55–66, 2020.
- [10]. R. I. N. Surya Gunawan, I. N. Satya Kumara, "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 26,4 kWp Pada Sistem Smart Microgrid UNUD," *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. September, 2019.
- [11]. S. Ekici, "Investigating the effect of dust and dirt on pv output energy," no. April, 2017.
- [12]. S. A. Sulaiman, A. K. Singh, M. M. M. Mokhtar, and M. A. Bou-Rabee, "Influence of dirt accumulation on performance of PV panels," *Energy Procedia*, vol. 50, pp. 50–56, 2014.
- [13]. I. Giriantari, "Pengaruh Kebersihan Modul Surya Terhadap Unjuk Kerja PLTS P.A.," *E-Journal SPEKTRUM Vol. 2*, vol. 2, no. September, 2015.
- [14]. F. Fauzi Wibowo, M. Rokhmat, and Aripriantoni, "Efek Penempatan Panel Surya Terhadap Produksi Energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Cirata 1 Mw Effect," *Proceeding of Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 5026–5033, 2019.
- [15]. A. R. Amelia, Y. M. Irwan, W. Z. Leow, M. Irwanto, I. Safwati, and M. Zhafarina, "Investigation of the effect temperature on photovoltaic (PV) panel output performance," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 6, no. 5, pp. 682–688, 2016.